DIE NATURWISSENSCHAFTEN

28. Jahrgang | 30. August 1940 | Heft 35

Die Datierung der vorgeschichtlichen und geschichtlichen Ausbrüche auf der Insel Ischia[1]).

Von P. Buchner, Leipzig, und G. Buchner, Porto d'Ischia.

Die grundlegenden Untersuchungen, welche A. Rittmann über die Geologie der Insel Ischia, dieser Perle des Golfes von Neapel, angestellt hat, haben das Wesen ihrer Entstehungsgeschichte weitgehend aufgeklärt. Beinahe alle älteren und neueren Geologen, als erster Hamilton, dann Breislak, Scacchi, Fonseca, Fuchs, de Lorenzo u. a., sahen in ihrer höchsten Erhebung, dem Monte Epomeo (789 m) und in den anschließenden, annähernd einen Halbkreis bildenden Höhen den Rand eines weitgehend zerstörten, den Inselkern bildenden Kraters und suchten dessen Zentrum etwa bei Fontana, dem höchstgelegenen Dorf des Südhanges. Der genannte Schweizer Vulkanologe konnte jedoch zeigen, daß der Epomeo kein Krater ist. Wohl beginnt die Entwicklung der Insel mit einer gewaltigen submarinen Eruption, von der der charakteristische grünliche Epomeotuff gefördert wurde, der überaus weit verbreitet ist und das älteste anstehende vulkanische Gestein Campaniens darstellt[2]). Nach einer längeren Ruhepause, während der sich auf der Oberfläche dieses Vulkans wieder ein reiches marines Tierleben entfaltet hatte, wurde dann aber durch den Druck des erneut aus der Tiefe empordringenden Magmas die Decke des Ischia-Lakkolithen[3]) zerbrochen und in Schollen zerlegt. Ein solches Bruchstück des alten Epomeotuff-Vulkans wurde horstartig emporgehoben. Nach Südosten gekippt und von Staffelbrüchen umgeben, stellt es den Kern der Insel Ischia dar.

So wird verständlich, daß im Landschaftsbild der Insel nirgends die sanft abfallenden Hänge erscheinen, die für die Außenseite eines Vulkankegels typisch sind. Ganz im Gegenteil stürzt die Gipfelregion und der im Norden und Westen anschließende Grat zunächst mit steilen, vegetationslosen Wänden in die Tiefe. Gegen Sonnenuntergang, wo in der Ferne bei klarem Wetter die langgestreckte Insel Ventotene und die übrigen Ponza-Inseln deutlich zu erkennen sind, haben die genannten Staffelbrüche sogar eine Kette spitzer Zinken und damit wilde Gebirgslandschaft entstehen lassen. An diese Steilhänge schließt dann vor allem im Norden ein breiter Saum von Edelkastanien gebildeten Bergwaldes an, der weiter unten allenthalben von der Region der Weinberge abgelöst wird, welche die fleißigen Bauern, wo nur irgend möglich, in zahllosen künstlichen Terrassen dem Gelände abgerungen haben.

Nicht minder fehlen auf der Südseite jegliche Anzeichen eines ursprünglichen zentralen Kraters. Hier, wo nach seinem hypothetischen Schlot zu steilere Abstürze zu erwarten wären, fällt der Berg verhältnismäßig sanft nach dem herrlichen Sandstrand der Maronti zu ab. Trotzdem macht ein gleich hinter dem Grat beginnendes und talwärts immer tiefer einschneidendes System von Erosionsschluchten das Gebiet zu einem recht unwegsamen. Liegen sonst die größeren Siedlungen — Ischia, Porto d'Ischia, Casamicciola, Lacco, Forio — alle am Meere, so bot hier das Schluchtengewirr den Dörfern Barano, Buonopane, Fontana und Serrara erst mehrere hundert Meter über dem Meere den nötigen Raum. Wie tief aber der Regen diese Schluchten gehöhlt hat, deren steile Wände oft phantastische Erdpyramiden und Spülrinnen bekleiden, nirgends hat er etwas anderes aufgeschlossen als ungeheure Schuttmassen des Epomeotuffs.

Mächtige, beim Auftauchen hochgetragene Tonlager, welche den Bewohnern der Insel seit den ältesten Zeiten vorzüglichen Stoff zum Töpfern boten, bezeugen die Geburt der Insel aus dem Meere. Die nach Hunderten von Arten — vornehmlich Mikrofossilien — zählende Fauna, die sich in ihnen erhalten, scheint mit der heute im Golf und im übrigen Mittelmeer lebenden durchaus wesensgleich zu sein, so daß man das Auftauchen der Insel in das ältere Pleistocaen (Diluvium) wird legen dürfen. Daß die Hebung allmählich vonstatten ging und von beträchtlichen Ruhepausen unterbrochen war, davon künden die in verschiedenen Höhen vorkommenden, auch an Conchylien sehr reichen Seichtwasserablagerungen und geröll-

---

[1]) Der vorliegende Aufsatz betrifft einen wesentlichen Teil des Vortrages „Vom Werdegang einer vulkanischen Mittelmeerinsel", den der eine von uns (P. B.) am 26. Januar 1940 in einer Festsitzung der Deutschen Akademie der Naturforscher zu Halle gehalten hat, und bringt in vorläufiger Form einen Ausschnitt unserer seit Jahren betriebenen Studien zur Natur- und Kulturgeschichte der Insel Ischia.

[2]) Bruchstücke dieses Tuffs wurden von Rittmann und Salvatore in den Breccien von Vivara und Procida ebenso wie unter den Auswürflingen der ersten phlegräischen Periode und im gelben Tuff von Torregaveta bis zum Vomero, Camaldoli und Capo Posillipo festgestellt. In verschiedenen Bohrlöchern fand er sich auf dem Festlande als Liegendes aller phlegräischen Vulkanprodukte.

[3]) Rittmann nimmt aus sehr einleuchtenden Gründen einen lokalen, über der alten Sedimentdecke gelegenen Herd (Lakkolith) unter der Insel an, der sich von dem campanischen Batholithen abgezweigt hat.

reiche Strandlinien, mit denen wir uns eingehend beschäftigt haben[1]).

Submarine und subaerische Ausbrüche der verschiedensten Art begleiteten die Hebung, und die Aufschlüsse an den malerischen Steilküsten künden von ansehnlichen, wieder in den Fluten versunkenen Stücken. Von diesem gewaltigen Drama, das die Geburt wie die weitere Entwicklung dieser Insel darstellen, wird hier nur die letzte Phase behandelt, wenn die Frage untersucht werden soll, welche Ausbrüche sie wohl heimgesucht haben, nachdem der Mensch auf ihr festen Fuß gefaßt hat, und inwieweit wir in der Lage sind, diese zeitlich näher zu bestimmen. Schon die älteren Autoren, Gelehrte wie lokale Schriftsteller, haben sich insbesondere über die verschiedenen Katastrophen des Altertums allerlei Gedanken gemacht, über Vermutungen der verschiedensten Art sind sie jedoch bei ihren am Schreibtisch gemachten Überlegungen nicht hinausgekommen. Selbst die neuerdings von Rittmann gegebene chronologische Tabelle entbehrt, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, der zu fordernden Beweise.

Da die wenigen von antiken Schriftstellern überlieferten Angaben, auf die wir im folgenden jeweils noch werden zu sprechen kommen, nur recht beschränkte Anhaltspunkte bieten und das Studium der Lagebeziehungen der Ausbruchsstellen wie der von ihnen geförderten Materialien zwar höchst wertvolle, aber doch immer nur relative Aufschlüsse vermittelt, haben wir uns seit langem schon bemüht, den einzigen zu einer einwandfreien, absoluten Chronologie führenden Weg einzuschlagen, und unter den Aschen und Lapilli, den Lava- und Schlackendecken nach Kulturschichten gefahndet.

Schon das Auffinden von Humusschichten, durch welche die Produkte der Ausbrüche getrennt werden, gibt natürlich wertvolle Hinweise; fast stets sind in ihnen Holzkohlenreste zu erkennen, ja manchmal sind diese so ansehnlich, daß sie von den Bauern verwendet oder sogar verkauft werden. Die Bestimmung solcher Hölzer vermag zudem Aufschluß über den Charakter des einstigen Baumbestandes zu geben. War aber die alte Oberfläche beackert oder befand sie sich gar in der Nähe einer Siedlung, so fehlen fast nie Scherben in ihr, und oft sind sie sogar in Menge zu treffen. Dann erhalten diese geradezu die Bedeutung von Leitfossilien, welche zum mindesten einen Zeitpunkt verraten, nach dem der Ausbruch gewesen sein muß. Es muß überraschen, daß man sich solcher Methode bisher kaum bedient hat. Auch Rittmann hat von ihr auf Ischia, von einer Ausnahme abgesehen, keinerlei Gebrauch gemacht, sonst hätte er so manchen Fehler vermeiden können, der seiner Chronologie der isclanischen Ausbrüche anhaftet. Freilich ist eine derartige Untersuchungsweise recht zeitraubend und bedarf genauer Ortskenntnis.

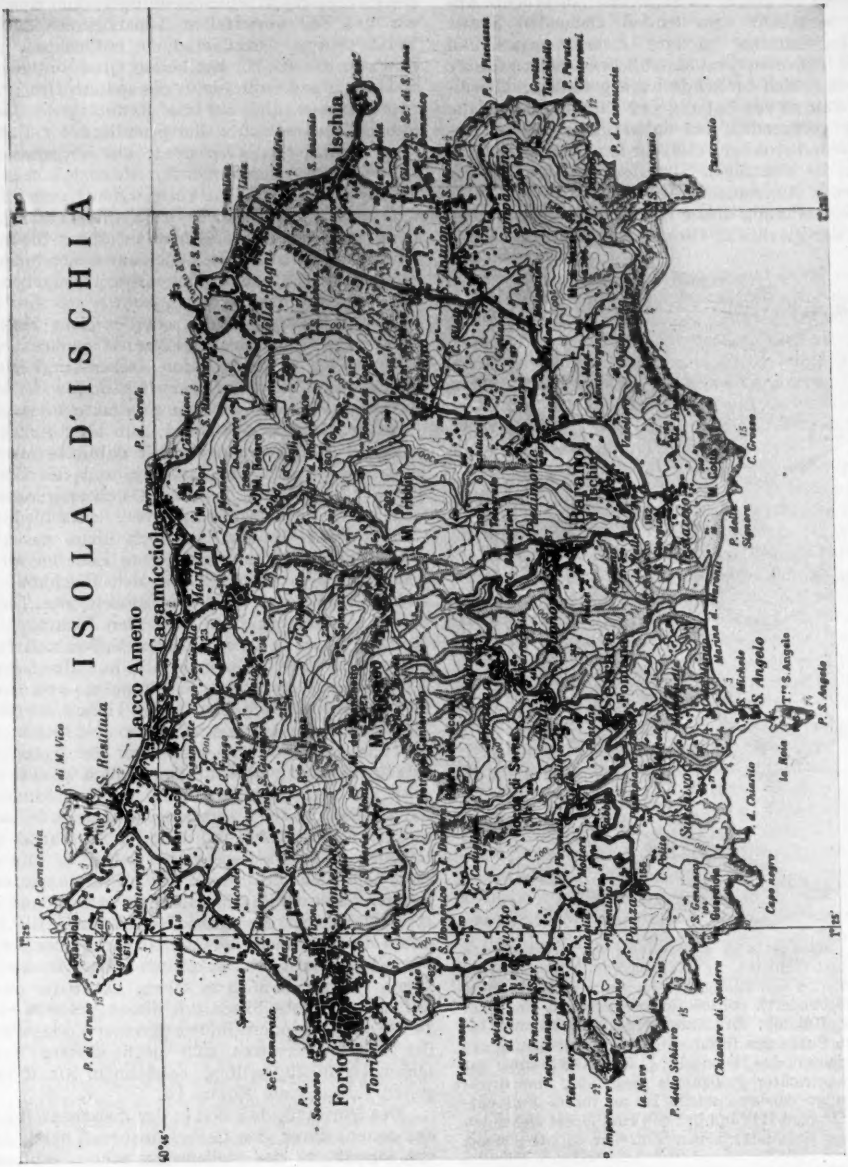
Die ältesten prähistorischen Funde, die man bisher auf der Insel gemacht hat, dürften in neolithische Zeit fallen. Für eine genauere Datierung sind sie noch zu spärlich, denn es handelt sich nur um wenige, verstreut gefundene Artefakte aus Feuerstein und Obsidian. Immerhin bezeugen sie bereits eine ausgedehnte Besiedlung, denn die Fundstellen verteilen sich über die ganze Insel. Insbesondere am Nordstrand zwischen der Pta. S. Alessandro und Casamicciola trifft man nicht allzuselten abgerollten Feuersteinabfall und gelegentlich auch bearbeitete Stücke, ein Vorkommen, das sich durch den Umstand erklärt, daß die Insel in langsamem Absinken begriffen ist und auf solche Weise die entsprechenden alten Kulturschichten im Bereich des Ufers unter Wasser gesetzt wurden.

Auf Grund von Artefakten ließen sich bisher drei größere neolithische oder spätestens frühbronzezeitliche Katastrophen und eine lokale Intrusion von geringerer Bedeutung feststellen. Zu ihnen gehört der einzige Ausbruch, den Rittmann nach unserer Methode zeitlich bestimmt hat: die Entstehung des im Südwesten der Insel in der Gegend von Panza gelegenen Campotese-Kraters (vgl. die Karte der Insel, Fig. 1). Er fand unter seinen Aschen einen schönen Feuersteinschaber, und wir, vermutlich an der gleichen Stelle, ein weiteres Fragment. Von viel gewaltigerem Ausmaß war aber die letzte Tätigkeitsperiode des S. Michele-Kraters, eines erstmalig von Rittmann erkannten Eruptionszentrums nahe der Ostküste der Insel, das schon mehrmals in längeren, jeweils zu Humusbildung führenden Abständen tätig war, bis es schließlich einen großen östlichen und südöstlichen Teil der Insel unter einer mächtigen Decke feiner weißer Asche begrub. Zumeist liegt fetter dunkler Humus unter ihr, und an einer Stelle fand sich halb in diesem, halb in die weiße Asche eingebettet der Fuß eines Gefäßes, das jedenfalls älter als alle unsere bisherigen reichen bronzezeitlichen Funde ist.

Daß der im Inneren der Insel gelegene Mola-Krater jünger als die letzte S. Michele-Asche, aber älter als die spätbronzezeitliche Siedlung auf Castiglione sein muß, wird in der Folge noch in anderem Zusammenhang erörtert werden.

Durch zahlreiche Scherben wird die lokal begrenzte Hebung einer kleinen Strecke des Nordstrandes westlich der heutigen Hafeneinfahrt zeitlich einigermaßen bestimmt. In den stellenweise auch Conchylien enthaltenden Sand sind die zum Teil abgerollten Reste sehr charakteristischer, außen rauher, innen geglätteter Gefäße eingebettet, für die das gleiche gilt, wie für das eben genannte

[1]) Das Vorkommen hochgelegener Seichtwasserablagerungen auf den Nordhängen des Epomeo war den früheren Forschern entgangen; wir konnten solche bis in eine Höhe von etwa 580 m (Colle Jetto) feststellen. Besonders schöne Strandlinien fanden wir in etwa 470 m (Piano di S. Paolo) und etwa 340 m (Rione Carusiello). Rittmann kannte nur vereinzelte abgerollte Steine an der mehr westwärts gelegenen Punta Spinazzola.


ISOLA D'ISCHIA
Ischia
Casamicciola
Lacco Ameno
Forio
Serrara Fontana
S. Angelo
Barano d'Ischia
Monte Epomeo
S. Restituta
Torrione
Panza
Fiaiano
Pietra rossa
Chiaiare di Spadera
Capo d'Imperatore
Capo Negro
Punta Imperatore
Punta Molina
Punta Caruso
Punta Chiarito
Punta Cornacchia
Punta Sentinella
Punta Scannella
Punta Soccorso
Punta Cannavale
Punta Pietra Nera
Punta Pietra Bianca
Punta Francesi
Punta Spiaggia di Citara
Punta Cannuccia

stiglione) zu einem ansehnlichen Ausbruch. Aus einer senkrecht zum Strand ziehenden Spalte wurden zunächst größere Aschenmengen und Lapilli geworfen und anschließend schirmförmig über diese sich breitende Lava gefördert. Gleichzeitig kam es zur Hebung und Kippung der an die Spalte grenzenden, bis dahin unter Wasser liegenden und streckenweise sehr fossilreichen Cafieri-Tuffe, des damaligen Strandes und der auf ihn gefallenen Aschendecke.

Die Datierung dieser Katastrophe aber ermöglichte der glückliche Umstand, daß in das Geröll

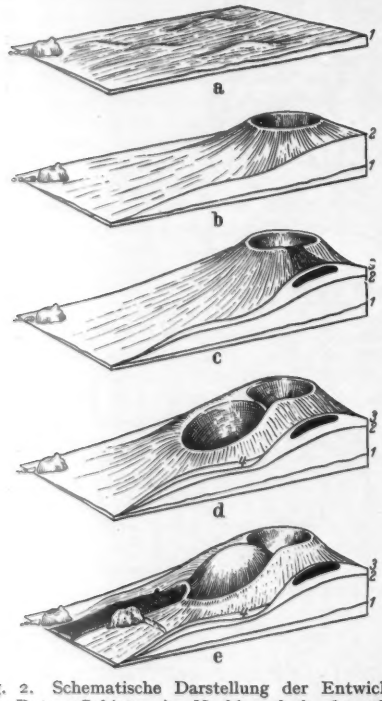


Fig. 2. Schematische Darstellung der Entwicklung des Rotaro-Gebietes in Nachbarschaft der älteren Trachytkuppe von Castiglione (in Anlehnung an Rittmann abgeändert). a) Bis in die Frühzeit der griechischen Kolonie; b) Entstehung des Rotaro Ia; c) Zweite Phase des Rotaro I (Ib); d) Entstehung des Sprengtrichters des Rotaro II; e) Eine Quellkuppe hat den Sprengtrichter großenteils ausgefüllt; eine dritte sichelförmige Ausbruchsstelle ist an ihrem Fuß entstanden (Rotaro III) und hat den zum Meere ziehenden Lavastrom entsandt; neben ihm der Monte Tabor.

und die Sande dieses Strandes, der den bisherigen Untersuchern (Kranz und Rittmann) entgangen war, eingebettet diesmal eindeutig der Eisenzeit zuzuschreibende, zum Teil abgerollte Scherben zu finden waren. Unter anderem handelt es sich dabei um typische Stücke großer, dickwandiger Vorratsgefäße, wie sie in Menge unter den Resten einer vorgeschichtlichen Siedlung vorkommen, die wir auf der unmittelbar benachbarten älteren Trachytkuppe von Castiglione entdeckten. Der eine von uns (G. B.) hat bereits über die hier gemachten Funde, die bis in die spätere Bronzezeit zurückreichen und für die Kenntnis der isclanischen Vorgeschichte von grundlegender Bedeutung sind, in Kürze berichtet. Die im gehobenen Cafieri-Strand vorkommenden Reste gehören der jüngsten auf Castiglione verwandten Keramik an. Wenn auch gelegentlich des Cafieri-Ausbruches keine nachweisbaren Aschen auf diese Siedlung gefallen sind, so wird man doch annehmen müssen, daß er ihr zum mindesten ein vorübergehendes Ende bereitet hat.

Verschüttet wurde die scherbenreiche Kulturschicht des Hügels in der Folgezeit zunächst von einer etwa 1 m betragenden Aschen- und Bimssteindecke. Über ihre Herkunft kann kein Zweifel bestehen. Es muß sich um eine erste Phase des ebenfalls dicht benachbarten, nun aber südwärts liegenden Rotaro handeln. Bis dahin besaß das Hinterland des Cafieri-Strandes und des Castiglione-Hügels, sowie das nach Osten angrenzende Gebiet ein von dem heutigen völlig verschiedenes Gesicht. Müssen wir uns doch nicht nur den Mte. Rotaro samt dem an seinem Fuße entspringenden Lavastrom, der heute den Kirchhof von Casamicciola trägt, und den steilen Mte. Tabor hinweg denken, sondern auch den Montagnone-Maschiatta, sowie den zu seinen Füßen sich rundenden Hafensee! Nur sanftere, auf ältere Ausbrüche zurückgehende Erhebungen und tonbedeckte Halden leiteten zu den Höhen des Mte. Toppo und den Hängen des Epomeo über (Fig. 2a, b)

Hier entstand nun als erster der genannte Stratovulkan, der sich diesmal freilich keineswegs schon bis zu seiner heutigen Höhe auftürmte. Man hat nämlich bisher übersehen, daß er sich in zwei durch eine Holzkohle führende Humusschicht geschiedenen Tätigkeitsperioden aufbaute, obwohl diese inmitten des herrlichen Aufschlusses der unteren Cava del Puzzillo deutlich zu erkennen ist (Fig. 5). Selbst die ältere Humusdecke, die bis dahin die Oberfläche bildete, ist nächst der Sohle der Schlucht mit den verkohlten Resten ihrer einstigen Vegetation noch zu sehen. Da später nicht nur auf die erste Phase des neuen Vulkans eine zweite folgte, sondern infolge geringer Verlagerung der Ausbruchszentren sich noch weitere Neubildungen hinzugesellten, bezeichnen wir diesen ersten Zustand als Rotaro Ia.

Der Umstand, daß sich in der Zwischenzeit auf der neuen, durch den Cafieri-Ausbruch geschaffenen Oberfläche eine stellenweise schon recht ansehnliche dunkelbraune Humusschicht gebildet hatte, spricht von vornherein dafür, daß sie nicht allzu kurz gewesen ist. Jedenfalls müssen wir diesen Ausbruch aus einer Reihe von Gründen als den ersten in historische Zeit fallenden betrachten und in Beziehung zu einer Stelle des Strabon (V, 247 C) bringen, die uns von der bedeutenden

Rolle Kunde gibt, welche die Insel in der Geschichte der Kolonisation Italiens durch die Griechen gespielt hat. Ihr zufolge gründeten auf ihr Einwohner von Chalkis und Eretria (Euböa) die Stadt Pithekussai — so hieß Stadt und Insel in griechischer Zeit — und entwickelte sich rasch dank der Fruchtbarkeit des Bodens und des Vorkommens von Gold[1]) ein blühendes Gemeinwesen. In der Folge aber habe zuerst wegen innerer Zwistigkeiten und später (ὕστερον δὲ) auch unter dem Eindruck einer vulkanischen Katastrophe ein Teil der Bewohner die Insel verlassen.

Diese Angabe des Strabon wird durch Livius bestätigt und erweitert (VIII, 22, 6). Denn er bezeichnet das gegenüber Ischia auf dem Festlande gelegene Kyme, das Pithekussai rasch in den Schatten stellen sollte, ausdrücklich als dessen Tochtergründung.

Über die Lage der griechischen Siedlung auf Ischia kann kein Zweifel bestehen. Daß sie von Anfang an auf dem hierzu vorzüglich geeigneten Plateau des Mte. Vico, einem nach NW vorspringenden Kap, gelegen war, beweisen die Scherben, welche wir teils auf der Oberfläche des Hügels, teils anläßlich einer Grabung an seinem Fuß sammeln konnten. Durch sie wird erstmalig zur Gewißheit, daß der Mte. Vico in seiner ganzen Ausdehnung bereits im 8. und 7. vorchristlichen Jahrhundert besiedelt war.

Trotz der genannten Livius-Stelle knüpft sich freilich der Ruhm, die älteste Kolonie Italiens einschließlich Siziliens zu sein, zumeist an das bedeutendere Kyme. Die archäologische Wissenschaft hat das hohe Alter Kymes nur bestätigen können und verlegte die Gründung ziemlich einstimmig in die Zeit um 750 v. Chr. Daß sich nun auf dem Mte. Vico eine Anzahl von Scherben fand, die einer geometrischen Klasse der protokorinthischen Keramik angehören, welche jedenfalls in die erste Hälfte des 8. Jahrhunderts zu verlegen ist und in Italien bisher noch niemals begegnete, muß als erster archäologischer Beweis der Livius-Notiz gewertet werden.

Wenn wir in der obengenannten ersten Phase des Rotaro I den die Kolonisten zum Teil verscheuchenden Ausbruch sehen, so berechtigt hierzu vor allem der Umstand, daß wir heute wohl sämtliche historischen Ausbrüche der Insel kennen und auf Grund unserer Untersuchungen alle anderen als jünger bezeichnen müssen. Dazu kommt ferner, daß sich einmal in der damals begrabenen Humusschicht an zwei Stellen Scherben früher griechischer Gebrauchsgeräte nachweisen ließen, wie sie sich auf dem Mte. Vico zusammen mit den bemalten geometrischen des 8. und 7. Jahrhunderts finden, und andererseits auch in der auf dem Ausbruch neu sich bildenden Ackererde abermals solche von recht altertümlichem Charakter in Anzahl festzustellen waren.

Wenn auch leider eine genauere Datierung der in beiden Kulturschichten erhaltenen, deutlich verschiedenen Scherben von Gefäßen des täglichen Gebrauches zur Zeit nicht möglich ist, so beweisen sie doch jedenfalls, daß die Entstehung des Rotaro Ia, der das ganze nördliche Vorland und damit auch die Reste der Siedlung auf Castiglione mit seinen Aschen begrub, in die Frühzeit der griechischen Siedlung auf Ischia fällt[1]).

Lag dieser Vulkan einerseits nicht so dicht am Mte. Vico, daß seine Entstehung zur völligen Aufgabe der jungen Stadt zwang, andererseits aber nahe genug, um ihren Bewohnern Angst und Schrecken einzujagen, so führt der nächste Ausbruch in ihre unmittelbarste Nachbarschaft. Kyme hatte sich inzwischen zum bedeutendsten Handelsplatz Campaniens entwickelt und war zum Vermittler des Verkehrs zwischen der griechischen Welt und Etrurien geworden. Als die Etrusker versuchten, den mächtigen Rivalen niederzuzwingen, wurden sie von den Cumanern 474 v. Chr. in einer entscheidenden Seeschlacht in der Gegend der Ponzainseln geschlagen. Diesen seine Vormachtstellung sichernden Erfolg dankte Kyme nicht zuletzt der Hilfe Hierons I. von Syrakus. Als Entgelt mußte es ihm freilich die Insel Ischia abtreten. Damit bekam Syrakus einen überaus wichtigen Stützpunkt in die Hand, von dem aus es den gesamten Schiffsverkehr zwischen Griechenland, Sizilien, der Magna Graecia einerseits und Etrurien andererseits überwachen konnte. Seine Soldaten liegen nun auf dem Stadthügel und verstärken das strategisch wichtige Bollwerk durch eine Mauer. Wieder ist es Strabon (V, 247), der uns dies überliefert, und abermals fügt er hinzu, daß die Besatzung in der Folge durch einen Ausbruch von der Insel vertrieben worden sei. Der gleiche Autor zitiert dann kurz darauf

[1]) Dieses angebliche Goldvorkommen hat schon mancherlei Kopfzerbrechen verursacht. Man hat es für eine Fabel gehalten oder die Stelle für verderbt erklärt. Merkwürdig ist es aber doch, daß auf Jasolinos Karte von Ischia (1590) ein Goldbergwerk eingetragen ist und in der ursprünglichen Fassung von Elisios „Succinta instauratio de balneis totius Campaniae" (1519?) von Ischia zu lesen steht: sulfuris aluminis aurique feracissimam ut excellentes perspicacissimique ueneti olim experti fuere (überaus reich an Schwefel, Alaun und Gold, wie ausgezeichnete und höchst kenntnisreiche Venetianer einst festgestellt hatten). In den zahlreichen späteren, immer mehr oder weniger überarbeiteten Abdrucken dieses seltenen Büchleins sind die Worte, die sich auf das angeblich von den Venetianern festgestellte Goldvorkommen beziehen, allerdings stets fortgelassen.

[1]) Bei der obenerwähnten Grabung zu Füßen der Akropolis von Mte. Vico (G. B.) fand sich über der ältesten Kulturschicht eine nur wenige Zentimeter starke, aber stellenweise noch ungestört erhaltene Schicht feiner vulkanischer Asche, die nur vom Rotaro Ia stammen kann. Diese Feststellung ist insofern bemerkenswert, als sie unabhängig von anderen Überlegungen zeigt, daß er in sehr früher Zeit, bald nach der Gründung der Stadt, entstand, während das „später aber" des Strabon zunächst einen sehr weiten Spielraum offen ließ.

(V, 248) eine eingehende Beschreibung, die Timaios von einer ganz gewaltigen isclanischen Katastrophe gab. Sie ist auch zeitlich einigermaßen festgelegt, denn Timaios schreibt, sie sei „kurz vor seiner Zeit" gewesen. Da sein Geburtsjahr zwischen die Jahre 356 und 340 anzusetzen ist, wird man also mit der Zeit um 400 v. Chr. rechnen dürfen. Schon Mercalli (1884) war der Meinung, daß diese beiden Angaben sich auf den gleichen Ausbruch beziehen müßten und daß dieser mit dem Lavastrom von Zara-Marecocco zu identifizieren sei. Rittmann schloß sich ihm hierin an, ohne freilich seinen Vorgänger zu nennen.

Fig. 3. Blick vom Gipfel des Epomeo auf den Monte Vico und den zu seinen Füßen in das Meer geflossenen Zarastrom (um 400 v. Chr.); am Schnittpunkt der Pfeile die kraterähnlich eingesunkene Ausbruchsstelle, im Vordergrund der submarin entstandene Epomeotuff.

Leider konnten wir bisher keinerlei Scherben unter der Lava des Zara-Stromes finden, dennoch glauben wir aber, daß man der Deutung Mercallis und Rittmanns zustimmen muß. Sein frischer Erhaltungszustand zeigt, daß der Zara-Strom eine relativ junge Bildung ist. Daß er es war, der die syrakusanische Besatzung vertrieb, das macht schon seine Lage zum Stadthügel von Pithekussai höchst wahrscheinlich; entsprang er doch buchstäblich zu Füßen der Akropolis und nahm ein Ausmaß an, daß auch den Tapfersten auf ihr das Grauen packen mußte. Kein anderer Ausbruch auf Ischia hat solche Lavamassen gefördert — Rittmann schätzt sie auf mehr als 100 Millionen cbm — und einem Gebirge gleich wälzte er sich zum Meere und weit in dieses hinaus. Wegen eines weiter entfernt liegenden Ausbruches hätte Syrakus den wichtigen Stützpunkt wohl nicht so ohne weiteres geräumt (Fig. 3).

Daß andererseits der eindrucksvolle Bericht des Timaios sich auf die gleiche Eruption bezieht, dafür spricht hauptsächlich dieser selbst. Auf keinen anderen der jüngeren Ausbrüche paßt es, wenn dabei das Meer um 3 Stadien zurückgewichen ist, und die zurückströmende Flutwelle das Land überschwemmt hat, und selbst die Bewohner der Festlandsküste aus Angst vor dem Getöse in das Innere Campaniens geflüchtet sind. Es ist bestimmt kein Zufall, daß gerade der sizilianische Historiker diesen so anschaulichen und plastischen Bericht aufgezeichnet hat, der letzten Endes auf die Überlieferung geflüchteter Augenzeugen zurückgehen wird. Daß der Ausbruch, welcher die Syrakusaner vertrieb, nicht gleich wenige Jahre nach der Besetzung erfolgt sein kann, dafür spricht auch der Umstand, daß (Strab. V, 248) die Neapolitaner die von Syrakus im Stiche gelassene Insel besetzten, was vor der Einnahme Kymes durch die Samniter im Jahre 421 kaum möglich gewesen wäre[1]).

Etwa 150 Jahre später wird die Nordküste der Insel erneut heimgesucht. Wenn es bei Plinius (Nat. Hist. **2**, 88, 203) dort, wo er über die vulkanischen Geschehnisse auf Ischia spricht, heißt: oppidum haustum profundo alioque motu terrae stagnum emersisse[2]), so wird der Unvoreingenommene sofort an den einzigen See denken, den es auf der Insel gibt, an den runden Kratersee des heutigen Porto d'Ischia, der einst als pantanellus bezeichnet wurde, später wegen der an ihm gelegenen Thermen als Lago del bagno und erst unter Ferdinand II. seine heutige Verbindung mit dem Meere erhielt und so zum Hafen wurde (1854; Fig. 4). Ältere Autoren bringen auch tatsächlich gelegentlich die Stelle mit ihm in Verbindung, andere meinen, es handle sich um

[1]) Stimmen wir hinsichtlich der Datierung des Zara-Stromes mit Rittmann überein, so können wir seiner Darstellung doch nicht in allen Punkten folgen. Auf dem Hügel nächst den Stufe di S. Lorenzo, den Lockerprodukte des gleichen Ausbruches aufbauen sollen, fanden sich Feuersteinsplitter, auf den Aschen der Mezzavia-Schlucht, die gleicher Herkunft sein sollen, prähistorische und geometrische griechische Scherben, sowie eine Pfeilspitze aus Feuerstein. So kommen wir zu einer völlig abweichenden Auffassung dieser interessanten Schlucht, deren Aufbau offenbar die engsten Beziehungen zu dem des nahen Mte. Vico besitzt. Auch ist zu betonen, daß beim Zara-Ausbruch — leider! — keine heute noch erkennbaren Aschen auf diesen gefallen sind.

[2]) Eine Stadt sei von der Tiefe verschlungen worden und durch eine weitere Erdbewegung ein See entstanden.

eine phantastische Ausschmückung ohne realen Hintergrund. Rittmann hält den See für älter als den Cafieri-Erguß, die Kuppe von Castiglione und den Rotaro I.

Nach ihm sollen die Lavawälle, die ihn umgeben, aus 2 Lagen bestehen. Tatsächlich hat sich aber offensichtlich nur eine einzige über ältere Trachyte und Tuffe gebreitet, die im Osten und Norden am Meer anstehen und keine genetischen Beziehungen zum See haben. Es sind sehr verschieden alte Kulturschichten, welche von der Hafenlava zugedeckt wurden. Westlich von der Hafeneinfahrt liegt sie am Meer über dem obenerwähnten, lokal gehobenen Strand aus vermutlich neolithischer Zeit, und weiter landeinwärts über den Aschen des Rotaro Ia, im Osten, wo diese zu keiner heute noch kenntlichen Ablagerung geführt haben, hat sie nahe den heutigen Fischerhäusern von Porto d'Ischia sogar einen an Scherben und Ziegeln sehr reichen Horizont begraben. Es fanden sich hier einige Meter über dem Meer unter ihr schön glasierte, tiefschwarze griechische Keramik des 6. oder 5. Jahrhunderts, archaisches Gebrauchsgerät lokaler Fabrikation und eine Menge rot- und schwarzbemalter Dachziegel, wie sie nur von einem Tempel des 6. oder 5. Jahrhunderts stammen können. Die jüngsten Scherben aber, die wir mit diesem offenbar einem antiken Schuttabladeplatz entstammenden Material vereint trafen, waren — freilich in geringer Zahl — solche des schwarzgefirnißten kampanischen Geschirrs, wie man es allgemein in das 3. vorchristliche Jahrhundert verlegt. Ganz entsprechende Funde ließen sich — von den Tempelziegeln abgesehen — westlich vom See unter dem schlackigen Rand der gleichen Lava auf der vom Rotaro Ia geschaffenen Oberfläche machen.

Damit kann kein Zweifel mehr sein, daß der See tatsächlich erst um 250 v. Chr. entstanden ist! Auf mäßiger Anhöhe und wohl auch dort, wo heute der See liegt, war hier eine griechische Siedlung, eine Tochtergründung der Stadt auf dem Mte. Vico entstanden, die nach 200—300 Jahren das schreckliche Ende fand, das die Sätze des Plinius festhalten.

Aus den gegenseitigen Lagebeziehungen all der jüngeren, noch zu behandelnden Bestandteile dieses Gebietes geht von vornherein mit Sicherheit hervor, daß nun zunächst der von uns als Rotaro Ia bezeichnete Vulkan wieder in Tätigkeit trat. Greift doch der unmittelbar südwärts an den See grenzende Montagnone—Maschiatta sowohl über dessen Ringwall als auch über die Flanke des Rotaro Ia und b, und sind die weiteren Bildungen der Rotaro-Gruppe eindeutig wieder jünger als der Rotaro I. Es waren Aschen, Lapillimassen und mehrere über den Kraterrand fließende Lavaströme, welche den älteren Kegel zu seiner heutigen Höhe emporwachsen ließen. Der herrliche Aufschluß in den Cava del Puzzillo bietet einen Einblick in all das, was auf jener Humusschicht lastet, die seit dem ersten Ausbruch entstanden war, und nicht minder schön wurde, als die neue Fahrstraße von Porto d'Ischia nach Casamicciola gebaut wurde, der Fuß des Berges beim sog. Belvedere von der Cafieri-Lava an aufwärts angeschnitten (Fig. 5 und 2).

Fig. 4. Blick auf den Kratersee von Porto d'Ischia von den Höhen des Montagnone; im Hintergrund Vivara, Procida und das Festland.

Leider haben wir bis heute unter den Lockerprodukten des Rotaro Ib noch keine Scherben finden können, wohl aber auch im nördlichen Vorland ansehnliche Mengen von Holzkohle. Aller Wahrscheinlichkeit nach dürfen wir jedoch diesen Ausbruch in das Jahr 91 vor Chr. verlegen. Julius Obsequens schreibt in seinem prodigiorum liber (54, 114), daß unter den Konsuln L. Marcius und Sex. Julius, d. h. im Jahre 91, ein solcher auf der Insel war: Aenariae terrae hiatu flamma exorta in coelum emicuit (auf Ischia sei aus einem Schlund Feuer gebrochen und habe gen Himmel geschlagen). Daß diese Angabe sich auf den Rotaro Ib bezieht, dafür spricht nicht nur, daß alle sonst noch überlieferten Ausbrüche spätere Ereignisse betreffen, sondern vor allem auch der Wortlaut des Textes, der besagt, daß aus einem offenbar schon vorhandenen Schlund die Glut gebrochen sei. Das paßt vorzüglich auf den Krater des ersten Zustandes.

Dicht neben dem Rotaro steht wie ein Zwillingsbruder der steile Montagnone-Maschiatta (Fig. 6). Tatsächlich ist er, wie gesagt, jünger, und in seinem Aufbau unterscheidet er sich auch weitgehend von ihm. Rittmann schildert ihn als eine Quellkuppe mit kesselförmig eingestürztem Scheitel, die so einen Krater vortäuscht. Von geringfügigen Schlacken abgesehen, habe er niemals Lockermaterial ausgeworfen. Die Deutung des scheinbaren Montagnone-Kraters als nachträglich eingestürzte massive Lavakuppe besteht zweifellos zu Recht. Rittmann hat jedoch nicht erkannt, daß der Aufstauchung der Lavakuppe eine Phase gewaltiger explosiver Tätigkeit voranging. Es kam zur Aufschüttung eines sichelförmigen Schlacken- und Bimssteinwalles, der, im Südosten bei Casa Arcamone beginnend, sich gegen Nordosten zunächst ein gutes Stück weit im Gelände sehr deutlich abhebt und durch ein Tälchen von dieser getrennt, den Fuß der Trachytkuppe des Montagnone umzieht. Im weiteren Verlauf des Walles hat sich die Lavakuppe später über dessen Scheitel emporgetürmt und so sein Bild verwischt. Durch einen in etwa 175 m Höhe die Nordost- und Nordseite des Montagnone umgebenden ebenen Absatz — den Scheitel des Walles — und seinen weniger steilen Böschungswinkel hebt er sich aber auch hier immer noch klar genug ab. Dasselbe bezeugen da und dort vorhandene Aufschlüsse, die erkennen lassen, wie der Nord- und Nordostfuß des Berges keineswegs, wie Rittmann annimmt, aus mit geringfügigen Schlacken bedecktem Trachyt, sondern — bis zu der angegebenen Höhe — aus einem Sockel von Schlacken und wohlgeschichteten Lapilli besteht.

Fig. 5. Aufschluß an der Westseite des Rotaro I längs der Cava del Puzzillo; die Rotaro Ia und b trennende Humusschicht liegt am Grunde der linken Lapilligrube; die erste Phase ist vom Gehängeschutt begraben, ein großer Trachyterguß der zweiten Phase ist angeschnitten.

Außerdem hat der Montagnone-Ausbruch in dieser ersten Phase aber auch, vor allem nach Norden, Osten und Süden zu, die Gegend weithin mit gleichmäßigen, durchschnittlich hasel- bis walnußgroßen Bimssteinlapilli überschüttet. Ja es handelt sich dabei sogar um die ausgedehnteste Lapillidecke auf der Insel. Sie fiel auf das Hafengebiet und ist daher an den östlichen Aufschlüssen der neuen Fahrstraße zu sehen (Fig. 7), sie reicht nach Osten hin fast bis zum Kastell, steht überall über der weißen Asche der letzten S. Michele-Phase an, legte sich gegen Südwesten über die Höhen der Posta Lubrano, des Mte. Toppo, Mte. Trippodi (auf der Karte Mte. Tribbiti) und ließ sich sogar als höchstgelegenes subaerisches Produkt bis hinauf zum Colle Jetto verfolgen[1]).

An sehr vielen Stellen fanden sich unter ihr reichliche Scherben, besonders zahlreich auf dem westlichen Teil der Hafenlava (S. Alessandro), aber nicht minder in dem niedrigen, ostwärts gelegenen Gebiet (Pezze, Campitelle), wo die Weinbauern diese Lapilli vielfach in Gruben gewinnen, und sogar auf den genannten Höhen, die im Altertum noch da und dort ein ländliches Gehöft trugen. Das Alter der Scherben zwingt, den Ausbruch in die späte Kaiserzeit zu verlegen, denn neben älteren Resten, vor allem auch vom schwarzen campanischen Typ (in dem nicht von der Hafenlava bedeckten Gelände!) fanden sich zahlreiche Reste von spätem Gebrauchsgeschirr, Amphoren, Lämpchen usw., die man etwa um 200 n. Chr. wird ansetzen müssen.

Nun kann man in den berühmten De rebus siculis decades duae (1558) des sizilianischen Geschichtsschreibers Fazello lesen, daß auf Ischia außer im Jahre 91 v. Chr. (Julius Obsequens) auch noch unter Augustus, Titus, Antoninus quartus (= Commodus) und Diocletian Ausbrüche

[1]) Bei Erwähnung der Lapillidecke des Mte. Toppo und Mte. Trippodi meint übrigens auch Rittmann (S. 36), ihr Ursprung müsse wohl am Rotaro *oder Montagnone* zu suchen sein.

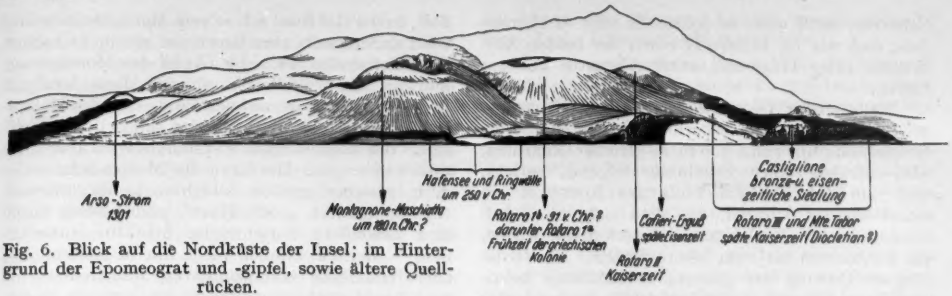


Fig. 6. Blick auf die Nordküste der Insel; im Hintergrund der Epomeograt und -gipfel, sowie ältere Quellrücken.

gewesen seien[1]). Die gefundenen Scherben würden sehr gut zu dem unter Commodus (176—192) passen.

Ungefähr gleichzeitig erwachte aber auch der Rotaro zu neuer Tätigkeit. Rittmann gebührt das Verdienst, erstmalig die weitere Entwicklungsgeschichte dieser Vulkangruppe aufgeklärt zu haben, von der das Gelände so eindeutig spricht, daß man sich wundern muß, daß seine Vorgänger sie nicht schon erkannt haben (Fig. 2d, e). Nachdem der alte Schlot des Rotaro Ia und b verstopft war, wurde die neue Ausbruchsstelle etwa 300 m weiter nach Norden verlagert. Hier entstand, einen Teil des alten Kraterrandes zerstörend, ein mächtiger Sprengtrichter und türmte sich dann eine ihn großenteils wieder ausfüllende Quellkuppe auf. Wir bezeichnen die in diese beiden Phasen zu gliedernde Eruption als Rotaro II. Bei der Räumung des Trichters wurden mit ansehnlichen Schlacken- und Aschenmassen auch zahlreiche rotgefrittete Tonbomben ausgeworfen, welche den in nächster Nähe anstehenden, hierbei durchschlagenen marinen Ablagerungen angehören.

Auch unter diesen vornehmlich nordöstlich und östlich geflogenen Produkten des Rotaro II fanden sich vereinzelte Scherben. Sie sind jedoch wenig typisch, und man kann nicht mehr aussagen, als daß sie der römischen Zeit angehören. Ein Aufschluß, der sowohl die Produkte des Montagnone als die des Rotaro II enthält — und damit über die Reihenfolge entscheiden würde — ließ sich bisher leider nicht finden. Wir müssen es daher offen lassen, welcher von beiden der ältere ist. Den bisher gefundenen

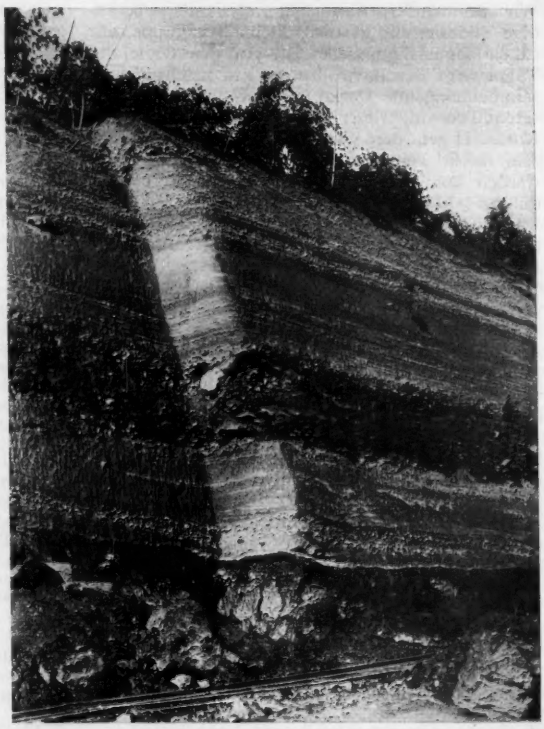


Fig. 7. Beim Straßenbau entstandener Aufschluß im Vorlande des Montagnone und Rotaro I. Die Buchstaben bezeichnen die jeweiligen Kulturschichten. a) Oberfläche der griechischen Frühzeit; b) Oberfläche der Aschen und Lapilli des Rotaro Ia; c) der Randschlacken der Hafenlava (um 250 v. Chr.); d) der Aschen des Rotaro Ib (91 v. Chr.?); e) die heutige Oberfläche, von den Lapilli des Montagnone gebildet (um 180 n. Chr. ?).

[1]) Unter Weglassung des Ausbruches unter Augustus übernahm Capaccio in seiner Historia Neapolitana (1607) die Stelle des Fazello. Alle folgenden Autoren gaben diese Notiz weiter, ohne die Quelle Capaccios zu kennen, und setzen irrigerweise für Antoninus quartus Antoninus Pius, obwohl mit dieser ungewöhnlichen Bezeichnung wohl nur Commodus, der vierte in der Reihe des antoninischen Kaiser, gemeint sein kann. Leider waren unsere Bemühungen, Fazellos Quelle zu finden, vergeblich, aber die tatsächlichen Verhältnisse sprechen dafür, daß es eine zuverlässige war.

Scherben nach wäre es jedenfalls sehr wohl möglich, daß wir im Rotaro II einen der beiden Ausbrüche unter Titus und unter Augustus vor uns haben.

Noch später liegt die als Rotaro III zu bezeichnende Periode. Abermals wurde die Ausbruchsstelle um rund 300 m in gleicher Richtung, also offenbar einer Bruchlinie folgend, verlegt, und nun entstand am Fuße des Rotaro II ein sichelförmiger Schlund, aus dem sich, ohne daß nennenswertes Lockermaterial gefördert wurde, ein Lavastrom bis zum Meere wälzte. Er ist die jüngste Bildung der ganzen, so furchtbar heimgesuchten Gegend. Scherben fehlen bisher unter ihnen, aber es ist recht wahrscheinlich, daß es sich hierbei um den letzten aus dem Altertum überlieferten Ausbruch auf Ischia handelt, der nach Fazello unter Diocletian(284—305)gewesen wäre (Fig. 2e).

Am Westrand dieses Rotaro III-Stromes erhebt sich die steile Trachytkuppe des Monte Tabor. Wir stimmen Rittmann bei, daß sie als selbständige Bildung, und zwar als kleine Staukuppe sehr zähen Magmas, anzusehen ist. Auf dem Gipfel des Tabor liegt der Lava eine 1—2 m mächtige, zusammenhängende Decke von rot- und gelbgefrittetem Ton auf, wie er in Form von Bomben vom Rotaro II gefördert worden ist[1]). Das Vorhandensein dieser Tondecke wird kaum anders erklärt werden können, als daß sie durch die emporquellende Lava mit hochgetragen worden ist[2]). Das Bild des Geländes wie die vom Lavastrom des Rotaro III sehr verschiedene petrographische Beschaffenheit (Rittmann) sprechen in gleicher Weise für eine selbständige Bildung. Zur Datierung des Monte Tabor können wir nur sagen, daß er jedenfalls jünger als der Rotaro II ist, da dessen Lockerprodukte auf ihm fehlen, und älter als der Lavastrom des Rotaro III, der seinen Fuß teilweise überflossen hat. Er fällt also auf jeden Fall auch in die römische Kaiserzeit.

Im Inneren der Insel, und zwar in der südöstlichen Hälfte, gibt es schließlich zwei oder drei dicht benachbarte Ausbruchszentren, für deren Jugend erstmalig Rittmann eingetreten ist. Bezeichnenderweise liegen sie auf einer Geraden mit dem Kastellfelsen und dem S. Michele-Krater. Das älteste von ihnen ist der Krater von Molara, der sowohl Lava förderte als auch erhebliche Massen von teils schwarzen, teils rotgebrannten Schlacken auswarf. Darunterliegende Scherben haben wir bis jetzt noch nicht gefunden. Er durchschlug jedoch die weiße S. Michele-Asche, die auch hier alles bedeckt hatte, fällt also jedenfalls in eine Zeit, in der die Insel schon vom Menschen bewohnt war; andererseits aber liegen auf einem Teil seines Schlackenwalles noch die Lapilli des Montagnone, und an einer Stelle — an der diese letzteren fehlen — fanden wir auf den Produkten des Molara-Kraters ansehnliche Reste der römischen Kaiserzeit. Wir können seine Entstehungszeit aber noch weiter einengen. Die Lava des Molara-Kraters — d. h. genauer gewisse Schichten in ihr, die sich einerseits durch große Härte, andererseits durch eine besondere blasenreiche Struktur auszeichnen — dienten nämlich nicht nur in neuerer Zeit zur Herstellung von primitiven Mahlsteinen, die man heute noch in manchem Bauernhaus in Gebrauch sieht (daher der Name des Dörfchens Molara!). Wir fanden vielmehr auch in der bronze- und eisenzeitlichen Siedlung auf Castiglione Mahlsteine, die aus dem gleichen charakteristischen Stein gefertigt sind! Schon die prähistorischen Bewohner der Insel hatten also die besondere Eignung dieses Materials erkannt. Damit kann Rittmanns Datierung (Kaiserzeit) nicht mehr aufrecht erhalten werden.

Wesentlich jünger ist der nach Südwesten anschließende Krater von Vateliero. Nicht nur, daß seine Lockerprodukte die angrenzenden Abschnitte des Molara-Walles zum Teil überschüttet haben, wir fanden unter ihnen, am nordöstlichen Außenrand des Kraters, auch Bruchstücke von zeitlich nicht näher zu bestimmenden römischen Ziegeln. Der Vateliero-Krater ist demnach möglicherweise mit einer der beiden für die Zeit des Augustus und Titus überlieferten Eruptionen zu identifizieren.

Rittmann nimmt noch ein drittes, nach Nordosten an den Molara-Krater anschließendes Ausbruchszentrum an, das er Cava Nocelle-Krater nennt. In der Form, wie ihn Rittmann annimmt, als „Krater aus Wurfschlacken mit interkraterer Lava", existiert ein solcher unserer Meinung nach jedenfalls nicht. Geht man in der Cava Nocelle, die das betreffende Gebiet schön aufgeschlossen hat, entlang, so sieht man, daß die gesamten nach Nordwesten zu anstehenden rotgefritteten Schlacken nicht von denen des Molara-Kraters zu trennen sind und eindeutig diesem zugerechnet werden müssen. Recht auffällig bleiben jedoch die beiden sich einigermaßen (aber nicht vollständig) entsprechenden halbkesselförmigen Mulden, die an dieser Stelle zu beiden Seiten der Landstraße in die roten Molara-Schlacken eingeschnitten sind. Sie könnten vielleicht einen Explosionstrichter darstellen, der jedoch keine eigenen Lockerprodukte gefördert hätte.

Daß das durch die erwähnte Reihe von Ausbruchszentren gekennzeichnete, offenkundig einer Bruchlinie entsprechende Gebiet in römischer Zeit noch nicht zur Ruhe gekommen war, bekundet noch eine andere Feststellung. Den bisherigen Autoren, einschließlich Rittmann, ist entgangen, daß die ganze herrliche Südküste der Maronti von der Marina di Testaccio bis nahezu nach S. Angelo eine lokale, durch ein deutliches Sand- und Geröllband markierte Hebung von 15—30 m erlitten hat. In dieser Strandlinie aber, die mit der all-

[1]) Keineswegs handelt es sich, wie Rittmann meint, um gefrittete Aschen des Rotaro III, die auf die noch glühende Tabor-Lava gefallen seien. Damit fällt der Grund, aus dem Rittmann auf die Gleichzeitigkeit dieser beiden Eruptionen schließt.

[2]) Ein Steinbruch gegenüber den Case Monetto hat mächtige Tonlager aufgedeckt, über die hier der Ostrand des Rotaro III-Stromes geflossen ist.

gemeinen Hebungsgeschichte nichts zu tun hat, fanden sich in einwandfreier Lage abgerollte römische Scherben! Daß es sich hierbei um die Begleiterscheinung einer benachbarten submarinen Eruption handelt, ist kaum anzunehmen, nachdem die Isobathen des vorgelagerten Meeresabschnittes keinerlei Hinweis auf eine solche bieten. Es ist daher wahrscheinlicher, daß hier ein nicht zum Durchbruch gekommener Ausbruchsversuch vorliegt, der sich dann vielleicht — auf der gleichen Bruchlinie — durch den Vateliero-Krater Luft gemacht hat.

Die Hebung der Marontiküste war von einem mächtigen Bergsturz begleitet: große Massen von Epomeotuff-Detritus fielen bis ins Meer, wurden teilweise durch dessen Wirkung sortiert und dann mitgehoben. Das mahnt uns daran, daß die vielgeplagte Insel nicht nur unter vulkanischen Ereignissen zu leiden hatte. Es mag an dieser Stelle wenigstens kurz erwähnt werden, daß besonders die von jüngeren Ausbrüchen wenig oder gar nicht betroffene Südwest- und Westseite und das Gebiet oberhalb von Casamicciola häufig von Bergsturzkatastrophen heimgesucht wurden, die sicher oft durch Erdbeben ausgelöst worden sind[1]) — Bewegungen des tektonisch bis heute noch nicht zur Ruhe gekommenen Epomeo-Horstes. Ihre Wirkung war zum Teil nicht weniger verheerend als die der Vulkane, und in gleicher Weise sind sie natürlich durch Humusschichten abgegrenzt und unter Umständen durch Scherbenfunde zu datieren. So konnten wir auf der Südseite, bei Barano, unter einer mächtigen Ablagerung von Epomeotuff-Detritus eine Kulturschicht mit rohen, nicht näher datierbaren, prähistorischen Scherben feststellen. Zahlreiche Scherben — rohe und lokale geometrisch bemalte Ware etwa des 8. bis 7. Jh. v. Chr. — birgt eine ebenfalls unter einer viele Meter mächtigen Decke des gleichen Bergschuttes begrabene Kulturschicht in der Gegend von Succhivo (westlich von S. Angelo). Ein gewaltiger Bergsturz hat in junger Zeit die Westseite der Insel verwüstet, die ganze Gegend bis zum Meere hin unter den Bruchstücken des Epomeotuffs begrabend. Am Rande des Steilhanges über dem Citarastrand fanden wir die darunterliegende Kulturschicht mit Scherben des 2. nachchristlichen Jahrhunderts anstehen. Ein gut Teil der mächtigen Trümmer von Epomeotuff, mit denen die ganze Gegend übersät ist und in welche die Bauern vielfach Wohnungen, Keller und Zisternen eingehauen haben, muß damals herabgestürzt sein. Die sehr frischen Staffelbrüche am Westgipfel des Epomeo, bei der Pietra dell'Acqua, auf die Rittmann aufmerksam gemacht hat, sind möglicherweise während der gleichen Katastrophe entstanden. Über einen verheerenden Bergsturz im Jahre 1228 berichtet die Chronik des Riccardus de S. Germano mit folgenden Worten: Eodem mense Julii Mons Isclae subversus est, et operuit in casalibus sub eo degentes fere septingentos homines inter viros et mulieres[2]). Ob es sich dabei um einen weiteren oder um den gleichen Bergsturz handelt, werden vielleicht eines Tages Scherbenfunde entscheiden.

War unter Diocletian tatsächlich der letzte in das Altertum fallende Ausbruch auf Ischia, dann folgte nun — zum mindesten nach unseren bisherigen Kenntnissen — eine tausendjährige Ruheperiode. Denn erst 1301 öffnete sich in der Gegend des heutigen Fiaiano ein neuer Schlund, schüttete einen sichelförmigen Schlackenwall auf und entsandte einen Lavastrom, den Arso, durch die fruchtbare Ebene bis zum Meere. Er ist nun urkundlich überliefert und wird hierbei etwas genauer beschrieben als die meisten antiken Ausbrüche, aber über das Jahr gehen merkwürdigerweise schon die Angaben der Zeitgenossen auseinander. Tolomeo Fiadoni, der damals Prior von S. Maria Novella in Florenz war, spricht in seiner Historia eccles. vom Februar 1302, ebenso der Florentiner Geschichtsschreiber Johannes Villani, während die neapolitanischen Autoren des 16. Jahrhunderts zumeist das Jahr 1301 angeben. So war es von besonderer Bedeutung, daß wir eine weitere, von einem Augenzeugen geschriebene Notiz auffinden konnten, welche der Ischia-Kunde bisher entgangen war. Es handelt sich um einen Mönch im Kloster von Cava dei Tirreni, also auf dem salernitanischen Festlande, der in sein Chronicon cavense ab anno 569 ad annum 1318 unter dem Jahre 1301 eintrug: In hoc anno mense Januarii die Jovis decimo octavo ejusdem mensis in sero in noctis tenebris, arenam plurimam pluit Dominus super terram; et in eadem nocte ante auroram usque ad diem pluit cinerem mixtum cum sulphure in aliquibus partibus in maxima quantitate. Et eodem die Jovis Insula Isolae (= Ischia) ardere coepit, ita quod homines habitantes in ipsa Insula abinde recesserint[1]). Nach diesem eindrucksvollen Berichte, aus dem hervorgeht, wie sich der Beginn des Arso-Ausbruches weit über das Festland hin bemerkbar machte, kann also über seine genaue Datierung kein Zweifel mehr sein. Er setzte am 18. Januar 1301 ein und dauerte nach anderen Angaben 2 Monate.

Während man bisher nur von diesem einen mittelalterlichen Ausbruch auf Ischia wußte, haben wir kürzlich zu unserer großen Überraschung noch einen zweiten, von Fiaiano nicht weit entfernten, örtlich freilich ungleich begrenzteren feststellen können, von dem keinerlei literarische Überlieferung bekannt ist. Seine Ausbruchsstelle liegt am inneren Hang des alten S. Michele-Kraterwalles, zwischen der Casa Curci (Punkt 179 der Karte) und der Kirche von S. Antuono, die wohl nicht zufällig dem Bewahrer des Feuers, S. Antonio Abate,

[1]) Jedoch nicht immer: das zeigt der Bergsturz, der die oberen Teile von Casamicciola am 24. Oktober 1910 betroffen hat und nur durch Regengüsse verursacht worden war.

[2]) Im gleichen Monat Juli ist auf Ischia ein Bergsturz gewesen und hat etwa 700 Männer und Frauen, die in den Dörfern zu seinen Füßen lebten, begraben.

[1]) In diesem Jahre ließ der Herr am Donnerstag, den 18. Januar, spät in der Nacht eine Menge Sand auf die Erde fallen; und in der gleichen Nacht regnete es vor Morgengrauen und bis in den Tag hinein an manchen Stellen in sehr großer Menge mit Schwefel vermengte Asche. Und am gleichen Donnerstag begann die Insel Ischia derart zu brennen, daß ihre Bewohner sie fluchtartig verließen.

geweiht ist. Aschen und ein kleiner Lavastrom, dem auch die dort so bezeichnenden schwarzen Schlacken angehören, die RITTMANN notgedrungen noch dem S. Michele-Krater zuschreiben mußte, entsprangen hier und bedeckten, dabei etliche ländliche Anwesen zerstörend, die Nachbarschaft. Wir haben unter ihnen glasierte und rohe mittelalterliche Scherben in Menge gesammelt, und die Bauern haben früher die damals entstandenen Holzkohlen (Kastanienholz) zentnerweise verkauft. Eine genaue Datierung der vor allem mit Spiralen bemalten Keramik war bisher noch nicht möglich. Entweder lag dieser neue Ausbruch zeitlich dem Arso-Ausbruch so nahe, daß er mit ihm zusammengeworfen wurde, oder er lag vor ihm, denn anderenfalls würde er kaum ohne jede literarische Beurkundung geblieben sein.

Ein in vieler Hinsicht neues Bild von der späteren Entwicklungsgeschichte der Insel hat sich uns aufgetan. Ausbrüche, welche nach allgemeiner Ansicht in fernste Vorzeit zu legen waren, sind in historische Zeit gerückt worden. Insbesondere hat sich ergeben, daß von der späteren Eisenzeit bis 300 n. Chr. auf Ischia geradezu die Hölle war. Wesentliche Teile der Insel, die uns heute entzücken, sind damals erst geformt worden, und ihre Bevölkerung hatte Furchtbares zu leiden. Landfremde Siedler, wie die Griechen oder die syrakusanische Besatzung auf dem Mte. Vico, haben voll Grauen das Weite gesucht, aber der isclanische Bauer ist seiner Scholle trotzdem treu geblieben. Von solchem Ausharren künden Aufschlüsse, wie der Fig. 7 wiedergegebene, auf dem nicht weniger als 5 Kulturschichten übereinanderliegen! Auf Grund unserer Feststellungen wird auch erst eigentlich verständlich, warum die Insel trotz ihrer landschaftlichen Reize und ihrer von den antiken Ärzten sehr wohl gewürdigten heißen Quellen, Dämpfe und Sande im Altertum keinerlei Rolle gespielt hat. Während Baia sich mit Thermen und Landhäusern schmückte und zum Treffpunkt der römischen Gesellschaft wurde, entstanden auf der nahen und ungleich schöneren Insel keinerlei größere Bauten. Man fürchtete die Gewalt des Giganten Typhoeus, welcher der Sage nach unter ihr gefesselt lag, und mied sie.

Es ist das erstemal, daß versucht wird, die Chronologie der Ausbrüche eines Gebietes auf Grund vorgeschichtlicher und archäologischer Funde aufzuklären. Im wesentlichen ist uns das wohl gelungen, und weitere Bemühungen werden sicher noch zur Beseitigung der einen oder anderen Unsicherheit führen. Wie reizvoll es ist, aus den Beobachtungen im Gelände, dem Studium der mannigfachen Reste alter Besiedlung und den spärlichen literarischen Überlieferungen den Werdegang einer solchen vulkanischen Landschaft klarzulegen, hat der Leser vielleicht empfunden. Es kann wohl kein Zweifel sein, daß die systematische Anwendung solcher Methoden auf Gebiete, wie die phlegräischen Felder, die äolischen Inseln oder die Umgebung des Ätna zu nicht minder interessanten Ergebnissen führen würde.

Literatur.

ANONYMUS, Chronicon Cavense ab an. 569 ad an. 1318. Abgedruckt in: Raccolta di varie croniche ... appartenenti alla Storia del Regno di Napoli. Herausgegeben von A. A. P(ELLICCIA), Napoli 1780—1782 tom, IV. p. 153. — S. BREISLAK, Voyages physiques et lythologiques dans la Campanie. tom. II. Paris 1801. — G. BUCHNER, Nota preliminare sulle ricerche preistoriche nell'Isola d'Ischia. Bull. Paletnol. Ital. Nuova Serie 1 (1937). — P. BUCHNER, Felsenhäuser auf Ischia. Natur u. Volk 69, 377—385. Frankfurt a. M. 1939. — J. C. CAPACCIO, Historiae Neapolitanae libri duo. Neapoli 1607. — J. ELISIUS, Succinta instauratio de balneis totius Campanie Joannis Elisij medici neap. cum libello contra malos medicos Serenissimo Principi Bisiniani directa. o. O. u. J. (Neapel 1519?). — T. FAZELLUS, De rebus siculis decades duae. 1. ed. Panormi 1558. — T. FIADONI (Ptolomaeus Lucensis), Historia eccles. Abgedruckt in: L. A. MURATORI, Rerum Italicarum Scriptores. Mediolani 11, 1221 (1723—1751). — F. FONSECA, Descrizione e carta geologica dell'Isola d'Ischia. Napoli 1847. — 2., fast unveränderte Auflage Firenze 1870. — C. W. C. FUCHS, Monografia geologica dell'Isola d'Ischia. Mem. R. Comitato geologico italiano 2. Firenze 1873. — W. HAMILTON, Campi Phlegraei. Observations on the Volcanos of the Two Sicilies. Naples 1776 (S. 83). — G. JASOLINO, De rimedi naturali che sono nell'Isola di Pithecusa, hoggi detta Ischia. Napoli 1588. — W. KRANZ, Vulkanismus und Tektonik im Becken von Neapel. 2. Ischia. Petermanns Mitteilungen 58. Gotha 1912. — G. DE LORENZO, I Campi Flegrei. Bergamo 1909. — G. MERCALLI, L'Isola d'Ischia ed il terremoto del 28 luglio 1883. Mem. R. Istituto Lombardo. Cl. di Sc. m. e n. 15. Milano 1884. — RICCARDUS DE S. GERMANO, Chronica. In: Monumenta Germaniae historica, Scriptores 19. 1866. — A. RITTMANN, Geologie der Insel Ischia. Ergänzungsband 6 zur Z. f. Vulkanologie. Berlin 1930. — A. RITTMANN e E. SALVATORE, Contributo allo studio dei tufi verdi della Regione Flegrea. Z. f. Vulkanologie 11. Berlin 1927/28. — A. SCACCHI, Memorie geologiche sulla Campania. Rendic. Acc. Napol. delle Scienze 8, Napoli 1849. — J. VILLANI, Historia universalis. lib. VIII, cap. 53. In: MURATORI, Rerum Italicarum Scriptores 13, 381.

Kurze Originalmitteilungen.

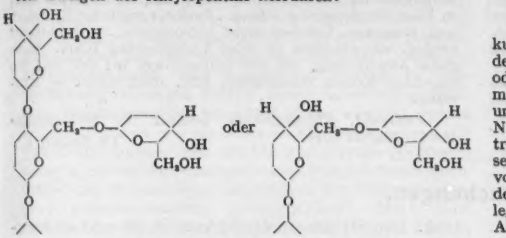
Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über die Konstitution des Amylopektins.

Wie kürzlich FREUDENBERG und BOPPEL[1]) mitgeteilt haben, sind die seitlichen Glucosereste in der Stärke oder richtiger im Amylopektin durch 1,6-Bindungen mit den Maltoseketten verbunden. Wir konnten auf folgende Weise zeigen, daß es sich um α-1,6-Bindungen handelt.

Amylopektin wird durch β-Amylase zu einem hoch molekularen Restkörper abgebaut (bei Maisamylopektin etwa 45 % des Ausgangsmaterials). Der Restkörper (Grenzdextrin I) kann keine Maltoseketten als Endgruppen besitzen, da er von β-Amylase, welche die Maltoseketten von den Enden her abbaut, nicht angegriffen wird. Er wird

also Gruppen folgender Art enthalten, die von den abgebauten Zweigen des Amylopektins herrühren:



Das Grenzdextrin I bzw. seine Endgruppen werden nun nicht durch β-Glucosidase (Emulsin), wohl aber durch α-Glucosidase (Maltase aus Hefe) unter Abspaltung von Glucose angegriffen. Der hinterbleibende, noch sehr hochmolekulare Restkörper (Grenzdextrin II) ist nun nicht mehr gegen β-Amylase widerstandsfähig, sondern wird von ihr zu Maltose und zu einem Restkörper (Grenzdextrin III) abgebaut, der mit Jod hellrotbraune Farbe gibt (ähnlich wie Glykogen). Man erhält aus Grenzdextrin I etwa 55 % Grenzdextrin III.

Es ergibt sich aus diesen Versuchen, daß die Zweigbindung eine α-Bindung ist; das ihr zugrunde liegende Disaccharid ist also die α-1,6-Glucosido-Glucose, die wahrscheinlich in der „Revertose" von Croft Hill und in E. Fischers „Isomaltose" vorliegt, deren Konstitution von Georg[2]) bestimmt wurde. Weiter ergeben sich Folgerungen für den Bau des Amylopektins: es kann nicht aus einer Hauptkette mit unverzweigten Nebenketten bestehen, wie z. B. Staudinger und Husemann[3]) annehmen. Wäre dies der Fall, so müßte der Restkörper I die Eigenschaften einer kaum verzweigten Kette besitzen, was nicht der Fall ist, und er müßte durch α-Glucosidase in eine unverzweigte Kette übergeführt werden, die eine blaue Jodfarbe geben würde, er würde ferner nach der Vorbehandlung mit α-Glucosidase völlig von β-Amylase abbaubar sein müssen. Das Amylopektin muß vielmehr verästelt gebaut sein, etwa nach folgendem Schema:

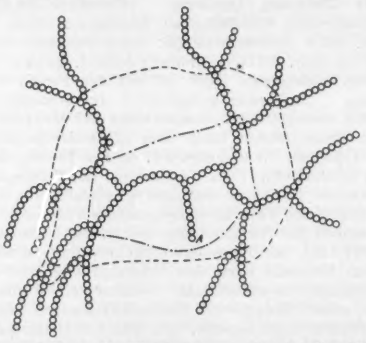


Fig. 1. Schema der Verzweigungen des Amylopektins. o = Glucosereste, deren Zahl im Verhältnis zu der Zahl der Endgruppen zu gering gezeichnet ist. – – – umfaßt Grenzdextrin I. ⌒ = Abbau durch α-Glucosidase (willkürlich unterbrochen). –·–·– umfaßt Grenzdextrin III. (Amylopektin vom Polymerisationsgrad 2000 besitzt 70 Endgruppen, gibt ein Grenzdextrin I vom P.G. 900 und ein Dextrin vom P.G. 500.)

Genf, Laboratoires de Chimie inorganique et organique de l'Université, den 22. Juni 1940. Kurt H. Meyer.

[1]) K. Freudenberg u. H. Boppel, Naturwiss. 28, 264 (1940).
[2]) A. Georg, C.R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève 47, 94 (1330).
[3]) Liebigs Ann. 527, 195 (1937).

Eine Bemerkung zu den Quadrupolmomenten der Atomkerne.

Vor einiger Zeit hat der Verfasser auf Grund einer Diskussion der magnetischen Kernmomente ein einfaches Modell des Grundzustandes der Kerne mit einem ungeraden Proton oder Neutron angegeben[1]), das durch die seither gemessenen magnetischen Momente bestätigt wird. Das mechanische und magnetische Kernmoment rührt danach in erster Näherung nur vom ungeraden Teilchen (Proton bzw. Neutron) her. Das elektrische Quadrupolmoment eines Kerns setzt sich aus zwei Anteilen zusammen, einem negativen vom ungeraden Proton und einem vom Restkern herrührenden. Da sich das ungerade Teilchen um dessen engste Stelle legen wird und ihn auf diese Weise festhält, wird der zweite Anteil positiv sein.

Falls diese Vorstellung richtig ist, wird man aus den gemessenen Quadrupolmomenten Schlüsse auf die Form

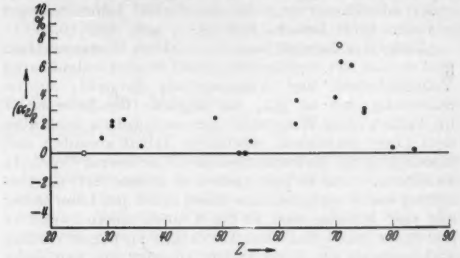


Fig. 1.

des Restkerns ziehen können. Um zu untereinander vergleichbaren Werten zu kommen, setzen wir die Oberfläche des Kerns in der Form

$$r(\Theta) = R(1 + \alpha_0 + \alpha_2 P_2(\cos\Theta) + \cdots)$$

an und erhalten dann für den Koeffizienten α_2 in genügender Näherung (für nicht zu großes α_2)

$$\alpha_2 = \frac{5q}{12ZR_0^2A^{2/3}}.$$

Dabei ist $q = \overline{r^2(3\cos^2\Theta - 1)}$ das Quadrupolmoment, und es ist angenommen, daß die Ladungsdichte über den ganzen Kern konstant ist. Um den vom Restkern herrührenden Anteil zu erhalten, müssen wir hiervon noch den vom ungeraden Proton herrührenden abziehen. Wenn dieses eine klassische Bahn mit dem Radius R beschreibt, ist er gleich $-\frac{5}{12Z}$. Für unsere Zwecke ist das genau genug, und wir erhalten für den Restkern

$$(\alpha_2)_R = \alpha_2 + \frac{5}{12Z}.$$

Für ein ungerades Neutron fällt das zweite Glied natürlich weg. In Fig. 1 sind die mit $r_0 = 1{,}4 \cdot 10^{-13}$ cm errechneten Werte als Funktion von Z aufgetragen. Zu den bisher bekannten Werten von q ist hier noch $^{181}_{73}Ta(q \sim 6 \cdot 10^{-24})$[2]) und $^{133}_{55}Cs(|q| \leqq 0{,}3 \cdot 10^{-24})$[3]) hinzugenommen. Der Wert für $^{176}_{71}Cp$ ist als Kreis eingezeichnet. Wenn auch die Werte sicher nur eine geringe Genauigkeit haben, läßt sich doch aus der Figur entnehmen:

1. Alle $(\alpha_2)_R$ sind positiv, wie es unser Modell verlangt.
2. Sie zeigen einen regelmäßigen Gang mit der Korngröße; Minima vor allem bei $Z \sim 53$ und $Z \sim 83$, ein besonders ausgesprochenes Maximum bei $Z \sim 71$.

Alles dies stimmt aufs beste mit dem α-Teilchenmodell des Kerns überein, wie es Wefelmeier vor einiger Zeit

[1]) Th. Schmidt, Z. Physik 106, 358 (1937).
[2]) Die Messungen hierzu hoffe ich in einiger Zeit veröffentlichen zu können.
[3]) Diese Abschätzung läßt sich aus den Messungen von H. Kopfermann, Z. Physik 73, 437 (1932) entnehmen.

angegeben hat[4]). Er hat damals bereits auf das Maximum der Quadrupolmomente bei den seltenen Erden hingewiesen, sowie auf den zu erwartenden Abfall bei schwereren Kernen. Nach diesem Modell ist der Fe-Kern kugelsymmetrisch. In der Fig. 1 ist er als Kreis eingetragen, man sieht, daß er gut zu den übrigen Werten paßt.

Bei der quantitativen Auswertung ist zu beachten, daß die Werte von $(\alpha_2)_R$, die das α-Teilchenmodell gibt, höher als die gemessenen Werte liegen müssen. Erstens wird die Verschmierung der α-Teilchen durch Nullpunktsenergie usw. zu einer Verkleinerung führen. Zweitens wird der Kernrest vom ungeraden Teilchen nicht vollkommen „festgehalten" werden, was ebenfalls zu einer Verkleinerung führt. Eine grobe Abschätzung, die sich insbesondere bei den auf Fe folgenden Kernen durchführen läßt, steht damit in Einklang.

[4]) W. Wefelmeier, Naturwiss. 25, 525 (1937) — Z. Physik 107, 332 (1937).

Greifswald, Physikalisches Institut der Universität, den 11. August 1940. Th. Schmidt.

Besprechungen.

BIJVOET, J. M., N. H. KOLKMEIJER und C. H. MAC GILLAVRY, **Röntgenanalyse von Krystallen.** Deutsche, umgearbeitete Ausgabe. VI, 228 S. u. 200 Abbild. 16 cm × 24 cm. Berlin: Julius Springer 1940. Preis brosch. RM 18.—, geb. RM 19.80.

Unter den Lehrbüchern der exakten Wissenschaften gibt es eine Art, welche ihren Stoff in aller erdenkbaren Vollständigkeit und Allgemeinheit darstellt; sie ist notwendig, wo es gilt, die logische Geschlossenheit im Aufbau eines Wissenszweiges zu beweisen, muß aber dem Leser manchmal erhebliche Arbeit zumuten und namentlich im Mathematischen oft schweres Geschütz auffahren. Aber es gibt auch eine andere Art; sie verzichtet auf so weitgesteckte Ziele, führt den Leser lieber nur eine Strecke weit in das Gebiet hinein, wenn er nur dafür leicht und ohne Ermüdung zu folgen vermag und dennoch am Ende vollen Ausblick auf den nicht betretenen Gebietsteil erhält. Das vorliegende Buch ist ein hervorragender Vertreter der zweiten Gattung.

Seine Verfasser bezeichnen es ausdrücklich als eine Einführung, und zwar für Chemiker. Es soll diesen einerseits die Methoden, andererseits die Ergebnisse der röntgenographischen Strukturanalyse von Kristallen, dieser großartig entwickelten Stereochemie, nahe bringen. Damit sind schon die beiden Hauptteile gekennzeichnet; ein ausführlicher Anhang trägt mathematische Ausführungen nach, welche jene Kapitel der Übersichtlichkeit wegen nur erwähnten.

Die Einleitung geht nach wenigen Seiten, die von der Beugung der Röntgenstrahlen an Gasmolekeln handeln, zu dem Grundversuch an einem Kristall über und erläutert die kristallographischen Grundbegriffe, wie Symmetrie, Raumgitter und Raumgruppen. Im 1. Hauptteil folgen die wesentlichsten Methoden der Durchleuchtung, wie z. B. die Debye-Scherrer-Methode, die Methode des Braggschen Spektrometers usw. Der Gang einer Strukturbestimmung wird in einer Übersicht, sodann an ein paar Beispielen auseinandergesetzt, ebenso die Fourieranalyse der Kristallstruktur. Und schließlich wird der analogen Erscheinung, der Beugung von Elektronenwellen und ihrer Unterschiede gegen die Röntgenmethode gedacht.

Wenn der Leser so erfahren hat, wie man Strukturen erforscht, kommen im 2. Hauptteil Ergebnisse. Hier geht nun das Buch weit hinaus über alle dem Referenten bekannten Darstellungen, sowohl was die Auswahl der besprochenen Strukturen anlangt, als in der bildlichen Darstellung, die gar nicht genug gerühmt werden kann. Der Chemiker erfährt von den gerade für ihn so wichtigen Unterschieden zwischen Ionengittern, Gittern mit homöopolarer Bindung, Schichtgittern, Molekül- und Metallgittern; er erfährt, daß es Übergänge dazwischen gibt. Es folgen die auf V. M. Goldschmidt und Linus Pauling zurückgehenden Ergebnisse über die Ionen- und Atomradien sowie ein Abschnitt über deren geochemische Bedeutung. Den Strukturen der Silikate ist ein sehr ausführlicher Abschnitt gewidmet, ebenso den organischen Verbindungen, von einfacheren bis zu so hochmolekularen wie etwa Kautschuk. Dabei ist die Darstellung überall erfreulich leicht lesbar. Man kann aus dem Buche mit Vergnügen Belehrung schöpfen.

Bei einem Buch, dem man weitere Auflagen zutraut, soll man aber in deren Interesse auch auf Mängel hinweisen. Im vorliegenden Fall scheint mir einer darin zu liegen, daß der Leser nirgends erfährt, daß die Atomformfaktoren (dieser doch sehr zweckmäßige Ausdruck fehlt übrigens auch) monoton von ihrem Maximum beim Ablenkungswinkel 0 abfallen; und doch sind diese Faktoren Bestandteile des Strukturfaktors, also von Bedeutung für die Strukturforschung. Im Gegenteil muß die sonst so lehrreiche Fig. 2, welche die Beugung an mehratomigen Molekeln demonstriert und dementsprechend Maxima und Minima der Helligkeit darstellt, den Unkundigen zu der Meinung verführen, auch beim einzelnen Atom kämen solche vor. Hier sollte ein Zusatz von wenigen Zeilen später das Erforderliche klarstellen. M. v. Laue.

BOLTZ, H., **Substitutionsverfahren zum Ausgleichen großer Dreiecksnetze in einem Guß nach der Methode der kleinsten Quadrate.** (Veröffentlichung des Preußischen Geodätischen Institutes. Neue Folge Nr. 108.) Potsdam/Berlin: Buchdruckerei Frickert & Co. 1938. VIII, 93 S. und 3 Abbild. 20 cm × 30 cm.

Das vorliegende Buch ist aus der Praxis hervorgegangen und zwar gelegentlich der strengen (vollständig zwangsfreien) Ausgleichung der Haupttriangulation Deutschlands nach dem „Entwicklungsverfahren" (1923 als Neue Folge Nr. 90 des Preuß. Geodät. Inst. erschienen). Zum Verständnis des Folgenden ist ein kurzes Eingehen auf dies gleichfalls aus Untersuchungen des Verf. hervorgegangene Verfahren nötig. Es beginnt die Ausgleichung damit, die Unbekannten (Korrelaten) des Normalgleichungssystems eines nur kleinen Netzteils nach den Widersprüchen der Netzbedingungen zu entwickeln — daher sein Name! An diese „erste" Gruppe von Normalgleichungen wird nun eine zweite angeschlossen, und ihre Unbekannten werden durch besondere Hilfsgrößen, die Verf. „Zwischenkorrelaten" nennt, nach allen in beiden Gruppen auftretenden Widersprüchen der Netzbedingungen entwickelt. Sind beide Gruppen vereinigt, so werden sie weiterhin zur „ersten" Gruppe und können mit einer *neuen* „zweiten" Gruppe zusammengeschweißt werden usw. Aber das Verfahren läßt sich leider nicht beliebig weit fortsetzen. Boltz schätzt die Grenze der Anwendbarkeit auf 200 bis 250 Netzbedingungen (etwa $^1/_6$ des großdeutschen Hauptdreiecksnetzes). Im Geodät. Inst. Potsdam allerdings hat er es noch für 673 Netzbedingungen verwandt, mußte aber die Erfahrung machen, daß die Rechenarbeit außerordentlich zunahm und unübersichtlich wurde.

Um gleichwohl weiterzukommen, hat der Verf. das *„Substitutions*verfahren" geschaffen. Der Vorzug dieses neuen Verfahrens vor dem alten beruht darauf, daß bei bedingten Netzausgleichungen die meisten Normalgleichungen nur mit wenigen anderen ihrer Umgebung zusammenhängen und aus diesem Grunde zu Substitutionsgleichungen führen, deren Auswertung durch eine verhältnismäßig kurze Rechnung erreicht werden kann. Nehmen wir als Beispiel ein Dreiecksnetz mit 700 Bedingungen. Die direkte und strenge Auflösung eines so großen Gleichungssystems ist auch heute noch, selbst bei Anwendung vielstelliger Rechenmaschinen, eine rechentechnische Unmöglichkeit! Nach dem BOLTZschen Verfahren geschieht die strenge Lösung wie folgt: man zerlegt das große System in drei ungefähr gleichgroße Teilsysteme und löst jedes für sich nach dem *Entwicklungs*verfahren auf (deshalb mußte oben kurz auf dies eingegangen werden). Das macht keine Schwierigkeiten. Mit Hilfe des *Substitutions*verfahrens nun stellt man die in diesem Falle notwendigen beiden Systeme von Substitutionsgleichungen auf und erreicht ihre Auswertung durch die einmalige Auflösung eines Gleichungssystems von etwa 40—50 Unbekannten. Besitzt dies letzte Gleichungssystem mehr als 50 Unbekannte, so daß eine direkte Auflösung schwierig wird, so wertet man zuerst nur das eine System von Substitutionsgleichungen aus und nachher das zweite. — Treten lange Normalgleichungen auf, die sich über mehrere Teilnetze erstrecken, so geschieht deren Einbeziehung in einen besonderen Rechnungsgang durch das Entwicklungsverfahren.

Das BOLTZsche Werk bringt außer zahlreichen Anregungen auch einen Hinweis auf die vortreffliche FRIEDRICHsche Punktdarstellung eines Dreiecksnetzes, die in scharfsinniger Weise die geometrischen und algebraischen Netzeigenschaften graphisch vor Augen führt. Auch die Ausführungen des Vorworts sind lesenswert. OTTO MEISSNER, Potsdam.

Geschlecht und Rangordnung bei Vögeln.

Von WERNER FISCHEL, Münster i. Westf.

In den verschiedenen Gemeinschaften höherer Wirbeltiere leben die Individuen nicht beziehungslos nebeneinander her, sondern bilden als Ergebnis von gegenseitigen Kämpfen eine bestimmte Rangordnung aus, die zuerst von SCHJELDERUP-EBBE bei Hühnern genauer studiert und als „Hackordnung" beschrieben wurde. In jedem Hühnervolk kommt es zwischen allen Einzelangehörigen zu einer Auseinandersetzung, bei der sie sich gegenseitig hacken, bis das schwächere Tier, sich plötzlich unterwerfend, die Flucht ergreift. In Zukunft erhält es dann wohl ab und zu von den stärkeren einen Schlag mit dem Schnabel, ohne ihn zu erwidern. So kommt es, daß die stärkste Henne in einer Hühnergruppe nach allen anderen hackt — sie ist die „Tyrannin" —, während das nächst schwächere Tier nach allen ihm unterlegenen Hennen schlägt usw. Die gelegentlich vorkommenden Empörungen sind selten, führen aber manchmal zu Verschiebungen der sozialen Rangstellung einzelner Angehöriger der Gruppe.

Diese schon seit längerem bekannte soziale Ordnung der Wirbeltiergemeinschaften ist in eigenartiger Weise mit den Beziehungen zwischen den Geschlechtern verzahnt. Das zeigten von ganz verschiedenen Problemstellungen ausgehende neuere Versuche und Beobachtungen.

Die körperlichen Geschlechtseigenschaften der Wirbeltiere ergeben sich aus dem Überwiegen des einen Geschlechtsfaktors über den anderen. In den Erbanlagen ist jedem Individuum die Potenz der Entwicklung sowohl zum Männchen als auch zum Weibchen mitgegeben. Äußere und innere Einflüsse können diese alternative Modifikabilität in der einen oder der anderen Richtung weiterführen. Es gibt Froschrassen, bei denen das Geschlecht im 4. Lebensjahr noch nicht entschieden ist und die demgemäß sexuell indifferent, ja geradezu schwankend erscheinen, bis schließlich die männliche oder die weibliche Komponente sich gegenüber der anderen durchsetzt.

Die erste Folge der Festlegung des Geschlechtes ist die Ausbildung der „primären" Geschlechtsmerkmale, also von Hoden und Ovarien. Diese geben — neuerdings auch synthetisch dargestellte — Hormone in das Blut ab, die weiterhin zur Ausbildung der „sekundären" Geschlechtsmerkmale führen, von denen bei den Hähnen der Kamm, der Sporn und die Schmuckfedern allgemein bekannt sind.

Außer den körperlichen Geschlechtseigenschaften des Hahnes gibt es auch psychische, die sich vor allem in der Balz äußern. Nun lag es nahe, anzunehmen, daß das Verhalten eines Männchens ohne weiteres eine Folge der in ihm wirkenden Sexualhormone sei. Zu diesem Problem erschienen soeben nahezu gleichzeitig zwei Arbeiten mit scheinbar widersprechenden Ergebnissen.

ALLEE[1]) und einige Mitarbeiter injizierten Hennen das Testikelhormon Testosteron und fanden eine verbesserte soziale Stellung und männliches Verhalten der so behandelten Tiere, also eine scheinbar physische Verursachung des sexuellen Verhaltens. Aber LORENZ[2]) kam durch die Beobachtung von Kolkraben und unter Berücksichtigung älterer Feststellungen zu der Ansicht, daß auch ein rein psychischer Faktor, nämlich das Erlebnis der sozialen Überlegenheit oder des Unterliegens in Auseinandersetzungen mit Artgenossen durchaus unabhängig von den Geschlechtsorganen entweder rein männliches oder rein weibliches Verhalten auslösen kann. Auf die beiden in weitester räumlicher Trennung und von durchaus verschiedenen Standpunkten aus unternommenen Untersuchungen sei etwas näher eingegangen.

ALLEE stellte in Völkern von 9 Hennen die soziale Rangordnung fest. Dann injizierte er dem schwächsten sowie einem anderen sozial tiefstehenden Tier 54 Tage lang jeden Morgen 1,25 bzw. 1 mg Testosteron. Die Folge waren zunächst körperliche Veränderungen, vor allem eine merkliche Kräftigung des Kammes. Dann ließ sich aber das vorher unterwürfigste Tier nicht mehr geduldig von den stärkeren tyrannisieren. Bei Angriffen hackte es wieder, und 3—4 Wochen nach Beginn der Einspritzungen kam es zu den ersten erfolgreichen Revolten, deren Ergebnis in der gewöhnlichen Weise vom Verlierer anerkannt wurde. So stieg in 3 von 4 Hennenvölkern das mit Testikelhormon behandelte schwächste Tier von der niedersten sozialen Stufe auf die allerhöchste.

[1]) ALLEE, COLLIAS and LUTHERMAN, Modification of the social order in flocks of hens by the injection of testosterone propionate. Physiol. Zool. 12, 412 bis 440 (1939).

[2]) K. LORENZ, Die Paarbildung beim Kolkraben. Z. Tierpsychol. 3, 278—292 (1940).

Hähne verhalten sich kämpferischer und agressiver als Hennen. Das bedeutet einen Unterschied des Grades und läßt die mit Testosteron behandelten Hennen relativ männlich erscheinen. Den Ausgang der Kämpfe und der Revolten bestimmt indessen nicht nur die Körperkraft, sondern auch die Kammgröße des Siegers.

Das zeigte sich in einer besonderen Versuchsreihe mit Erstberührungen zwischen je zwei einander fremden Hennen. Dabei lag in einem Käfig ein Häufchen Futter, zu dem von entgegengesetzten Seiten her je 1 Huhn herangelassen wurde. Entweder sofort oder während des Fressens kam es zum Kampf und eindeutiger Feststellung des Siegers. Gepaart wurden in allen möglichen Kombinationen normale Hennen, solche mit injiziertem Testosteron und Poularden. Sieger war 238mal die Henne mit dem größeren und nur 84mal die mit dem kleineren Kamm. Die in der Summe von Länge und Höhe ausgedrückte durchschnittliche Größe des Kammes übertraf in allen Kampfgruppen bei den Siegern ausnahmslos die bei den Verlierern. Da das nicht allein bei den mit dem Testikelhormon behandelten Hennen galt, muß die Kammgröße neben der Körperkraft tatsächlich den Ausgang der Kämpfe beeinflußt haben, und durch diese Tatsache findet eine wichtige Behauptung von LORENZ eine experimentell gewonnene Stütze. Er meint nämlich: „Bei den weitaus meisten prachtkleidbegabten Vögeln aber wirkt dies auffallende Kleid der ♂♂ nicht nur anlockend auf das einen Gatten ‚wählende' ♀, sondern mindestens ebensosehr im Sinne einer Einschüchterung auf *alle* Artgenossen" (S. 282). Auch bei den mit Hormon behandelten Hennen ist es nicht nur die Vehemenz ihrer Angriffe, sondern auch die auf den Gegner einschüchternd wirkende Größe des Kammes, die ihre Siege bedingte.

Drei von den „Hormonhennen" zeigten noch eine weitere Eigenart. Sie begannen nämlich gegen Ende der Injektionszeit nach dem Erreichen der höchsten sozialen Rangstufe vor einigen anderen Hennen zu balzen. Damit sind sie auch psychisch gewissermaßen maskulinisiert und das ihnen eingespritzte Testosteron scheint die Ursache dieser Umstimmung zu sein.

Indessen hat ALLEE übersehen, daß auch normale, in einem Volk die Tyrannin spielende Hennen gelegentlich zu balzen anfangen. Dabei wird offenbar ein bestimmter Instinkt aktiviert. Weil wir es aber mit gewöhnlichen Weibchen zu tun haben, ist die auslösende Ursache des männlichen Verhaltens keineswegs ein Hormon, sondern ein *psychisches Erlebnis*, nämlich das wiederholte Erleben des Sieges über Artgenossen.

Ihrer geschlechtlichen Veranlagung nach sind alle Vögel ambivalent. Bei Dohlen und Tauben setzt sich aber der männliche Instinkt gegenüber dem weiblichen leichter durch, denn die von LORENZ und CRAIG isoliert gehaltenen Vögel dieser Arten reagierten allein stets männlich. Zur Auslösung des weiblichen Instinktes ist eine Hemmung des männlichen nötig, was durch „Imponiergehaben" und Kampf geschieht und bei beiden Geschlechtern möglich ist.

Der psychischen Geschlechtsbestimmung geht die Wahl des Partners, das „Verlieben" voraus, und das scheint nach LORENZ „bei geschlechtlich ambivalent reagierenden Vögeln der einzige Vorgang zu sein, der direkt und offenbar auf hormonalem Wege von dem Vorhandensein der einen oder der anderen Keimdrüse gesteuert wird". Setzt man zu einer bei Isolierung männlich auftretenden Taube ein stärkeres Männchen, so bilden sie zunächst die sich gegenseitig anlockenden Glieder eines Paares. Dann kommt es zur Einschüchterung des Weibchens und damit zur Unterdrückung seiner männlichen Instinkte, während die weiblichen aktiviert werden, und das bekannte zärtliche Liebesspiel der Tauben kann seinen Verlauf nehmen.

Als ausgezeichnetes Beispiel psychologischer Geschlechtsbestimmung schildert LORENZ die Paarung der Kolkraben. Diese Vögel verhalten sich jedem fremden, aber sexuelle Regungen weckenden Artgenossen gegenüber zunächst männlich und schreiten ihm gespreizt und gewichtig mit besonderen Lauten entgegen. Unter eigenartigen Verbeugungen wandern beide lange und weit umher. Bei welchem Partner das männliche Verhalten unterdrückt und das weibliche dadurch ausgelöst wird, steht noch keineswegs fest. Es kann zu einem heftigen Kampf kommen, nach dem sich beide wieder trennen, wodurch wahrscheinlich in der Natur gleichgeschlechtliche Paarungen verhindert werden.

Ein weiteres Liebesspiel gibt es nur, wenn einer der beiden Raben sich vom anderen einschüchtern und langsam zurückdrängen läßt. Nach längerer Zeit des Andrängens und Zurückweichens erreicht das Männchen den Höhepunkt seiner Erregtheit und macht mit vorgestrecktem Kopf eigenartige Würgebewegungen, spreizt die Flügel und zieht die Nickhaut über das Auge. Dabei hört die Rabenfrau allmählich mit den Verbeugungen der Einleitungszeremonie auf, wird niedriger und nimmt unter zitternden Flügelbewegungen schließlich die Begattungsstellung ein.

Grundsätzlich können alle Phasen des weiblichen Verhaltens auch bei einem Männchen vorkommen, wenn dieses sich nicht zum Kampf gestellt, sondern allmählich hat einschüchtern lassen. Letzteres dürfte normalerweise aber nur bei Weibchen der Fall sein und somit in der Natur zur geordneten Fortpflanzung führen. Der gegenüber dem Weibchen größere Gehalt an Geschlechtshormonen ergibt beim Männchen etwas nachdrücklicheres und lebhafteres Imponiergehaben und damit auch eine schon durch bloße Einschüchterung bedingte soziale Überlegenheit gegenüber dem Weibchen.

Das Erlebnis des Sieges oder der Unterlegenheit ist also die eigentliche Ursache der psychischen Geschlechtsbestimmung. Die normale Überlegenheit des Männchens ist aber nach den Versuchen von ALLEE eine Folge der von den Sexualhormonen bedingten größeren Regsamkeit und Lebhaftigkeit. Führt man diese Stoffe dem Weibchen zu, so kann es dieselben Erlebnisse wie ein Männchen haben und sich wie dieses verhalten. Entscheidend ist aber stets das relative Kräfteverhältnis. Ein besonders starkes Weibchen kann sich einem Schwächling gegenüber durchaus männlich verhalten.

Da das Prachtkleid der Männchen vieler Vogelarten auf das Weibchen nicht nur stimulierend und anlockend, sondern auch einschüchternd wirkt, erhebt sich hier in neuer Problemstellung die alte Frage nach der Entstehung der Schmucktrachten bei den Vögeln. Irgendwie und irgendwann muß die Verbindung zwischen den Erlebnissen und der Art der Befiederung zustande gekommen sein, was zu erforschen auch im Hinblick auf die Beziehungen zwischen Körper und Psyche das Ziel weiterer gemeinsamer Bemühungen der Erblehre, der Tierpsychologie und der Physiologie sein wird.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.